

**Маметьев Леонид Евгеньевич**, доктор техн. наук, профессор, **Хорешок Алексей Алексеевич**, доктор техн. наук, профессор, **Цехин Александр Михайлович**, кандидат техн. наук, доцент, **Борисов Андрей Юрьевич**, кандидат техн. наук, доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: bau.asp@rambler.ru

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЕЗЦОВО-ДИСКОВОГО РАСШИРИТЕЛЯ СКВАЖИН

**Аннотация:** Актуальными в настоящее время являются исследования по совершенствованию процесса бурения дегазационных скважин в высокогазоносных пластах, решению вопросов удаления продуктов разрушения из забойной зоны скважины и транспортировки их шнековым буровым ставом внутри скважины. Выделение метана из угольного пласта повышает вероятность аварийного загазирования горных выработок и требует уменьшения пылеобразования в скважине за счет снижения удельного веса мелкодисперсных фракций продуктов разрушения.

Обоснованы геометрические параметры конструкции комбинированного расширителя скважин, включающего резцовую и дисковую ступени. Определены энергетические и силовые показатели при различных режимах процесса бурения скважин. Исследования экспериментального расширителя на полноразмерном стенде и в шахтных условиях показали, что использование целевой схемы разрушения забоя скважины резцами первой ступени, а также дискового инструмента второй ступени с уступной формой забоя позволяют существенно уменьшить выход мелких классов продуктов разрушения (0–1 мм; 1–6 мм) по сравнению с существующими расширителями со сплошной схемой разрушения.

Установлены закономерности изменения усилий прорезания щелей  $P_z$ , энергозатрат  $H_w$ , крутящего момента  $M$ , скорости бурения  $V$ , потребляемой мощности  $N$  при различных режимах бурения и конструктивных исполнениях расширителя.

В процессе стендовых исследований определены геометрические параметры дискового инструмента и рациональная схема его установки относительно ступенчатой поверхности забоя скважины. Установлена зависимость фракционного состава продуктов разрушения для второй дисковой ступени расширителя от усилия подачи  $P_n$ . Зависимости  $M = f(P_n)$  и  $V = f(P_n)$  аппроксимируются линейными выражениями.

Целью работы является обоснование геометрических и режимных параметров первой и второй ступеней расширителя, которые позволят уменьшить выход мелких фракций продуктов разрушения и повысить скорость бурения скважин по сравнению с ранее применяемыми конструкциями.

**Ключевые слова:** разрушаемый массив, бурение, расширитель, скважина, энергетические и силовые показатели, фракционный состав продуктов разрушения.

**Информация о статье:** принята 01 декабря 2018 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-47-53

Для совершенствования технологии проходки выработок и скважин в горном массиве необходимо повышать уровень механизации горных работ и совершенствовать конструкции групповых и комбинированных породоразрушающих инструментов для исполнительных органов буровых, очистных и проходческих горных машин.

В настоящее время определенный интерес представляют технологии, в которых предусматривается возможность изменения траектории проходки скважины для попадания в нужную точку подземного пространства как с поверхности земли, так и из подземной выработки. Авторы работы [1] предлагают способ изменения траектории скважины при шнековом бурении в породном массиве при разработке полезных ископаемых и подземном строительстве инженерных коммуникаций и объектов

инфраструктуры. Отклоняющее усилие создается за счет того, что при смещении оси буровой головки с одной стороны корпуса рабочего органа вырабатывается избыточное скважинное пространство, а с противоположной стороны при этом возникает невыработанная область породного массива.

Авторами [2] предложена конструкция разборного режущего долота с зубчато-дисковыми фрезами (ДРДФ-244,5-2), оснащенными двумя рядами металлокерамического вооружения, осуществляющего комплексное разрушающее воздействие твердосплавных зубьев на горную породу, включающее смятие, сдвиг, скалывание и резание. Исследованы возможные режимы работы долота ДРДФ-244,5-2:

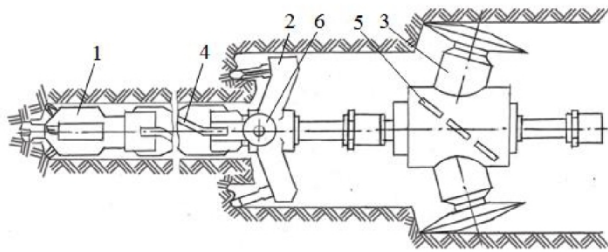


Рис. 1. Комбинированный резцово-дисковый расширитель скважин

Fig. 1. Combined cutter-disc well expander

устойчивый режим, режим противокачения, блокированный режим. Установлено, что двухрядное вооружение бурового инструмента с режуще-вращательными фрезами обеспечивает расширение области рациональной эксплуатации долот режуще-вращательного действия; бурение взрывных скважин долотом ДРДФ в устойчивом режиме работы в породах с широким диапазоном изменения физико-механических свойств обеспечивается регулированием осевого усилия в зависимости от крепости горных пород.

В публикации [3] представлены результаты исследования по оценке эффективности фрезерования массива горной породы зубками планетарно-дискового исполнительного органа проходческо-очистного комбайна и разработки по его модернизации.

Фракционный состав руды, образуемый на четырех режимах подачи комбайна «Урал-10А» на забой, можно разделить на три группы: крупная, мелкая и пылевидная. Массовая доля крупной группы с размером руды от 5 до 40 мм составляет 63 %. Средняя группа с частицами от 0,5 до 5 мм (до 28,2 %) образуется с дополнительным расходом энергии. Пылевидная составляющая (8,2 %) размером менее 0,5 мм негативно влияет на работу систем и механизмов комбайна. С целью устранения образования мелкой стружки в периферийном секторе выработки разработан планетарный исполнительный орган с дополнительными зубками, установленными на рукоятях

в перпендикулярной плоскости по отношению к продольной оси машины [4].

Для реализации процесса разбуривания пионерной скважины до требуемого диаметра в КузГТУ предложен расширитель обратного хода с дисковым породоразрушающим инструментом [5] и с групповым породоразрушающим инструментом, включающим резцы и диски.

При создании режущего инструмента необходимо решать вопросы, связанные с повышением его прочности и износостойкости в процессе разрушения горного массива с высокой производительностью и минимальными энергозатратами [6]. При этом следует устанавливать конструктивное соответствие резцов условиям выпуска углей среднего и крупного классов с выявлением перспективных направлений по их конструктивному совершенствованию, основанному на смене принципа разрушения [7, 8]. Также необходимо уделять особое внимание видам и причинам отказов режущего инструмента [9, 10].

В работе [11] представлены исследования и разработки по совершенствованию и повышению эффективности безвзрывного способа разрушения (разработки) разных литотипов пород с использованием исполнительных органов горных машин, оснащенных режуще-скалывающим инструментом.

Авторами публикаций [12, 13] установлено, что для разрушения крепких породных включений механическим способом и выемки прочных полезных ископаемых целесообразно в качестве рабочего инструмента использовать дисковый инструмент.

Дисковый инструмент имеет преимущества по сравнению с режущим инструментом в

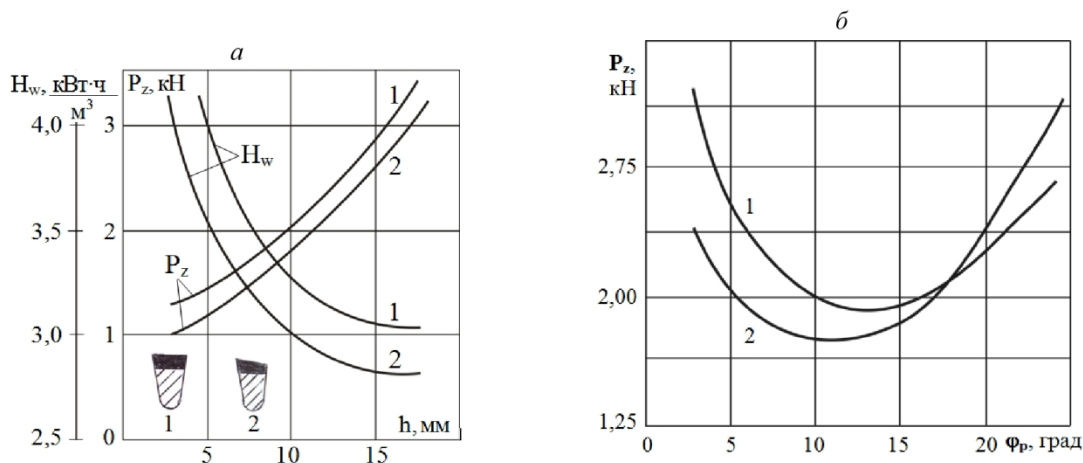


Рис. 2. Зависимости усилий  $P_z$  и энергозатрат  $H_w$  от глубины  $h$  резания (а) и

от угла  $\varphi_p$  установки режущего инструмента (б):

1 – резец с плоской передней гранью; 2 – резец с клиновой передней гранью

Fig. 2. Dependences of efforts  $P_z$  and energy consumption  $H_w$  on depth  $h$  of cutting (a) and from a corner  $\varphi_p$  installations of the cutting tool (b):

1 – a cutter with a flat front face; 2 – a cutter with a wedge front face

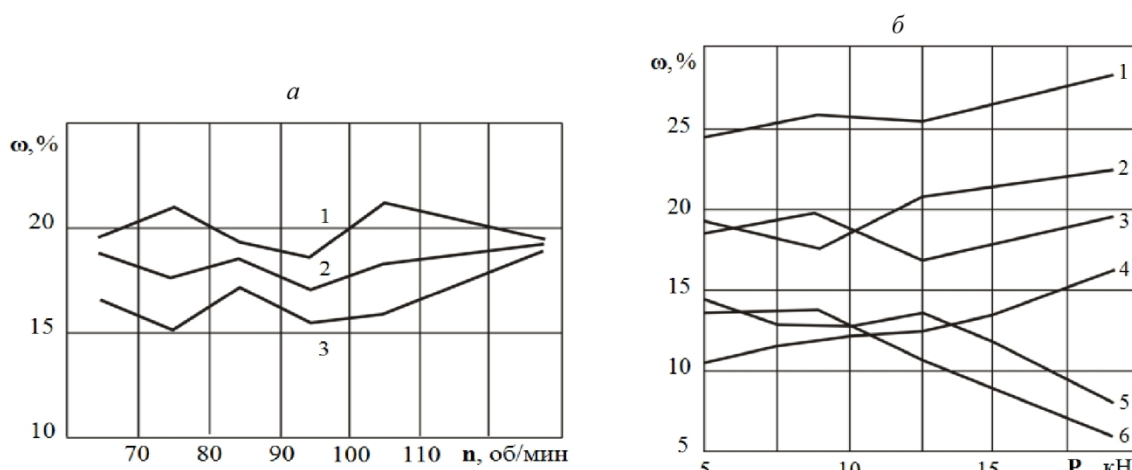


Рис. 3. Зависимости фракционного состава  $\omega$  продуктов разрушения забоев скважин от скорости вращения  $n$  первой ступени расширителя (а) и от усилия подачи  $P_n$  для второй ступени расширителя с дисками (б)

Fig. 3. Dependences of fractional composition  $\omega$  of well face destruction products on the speed of rotation  $n$  of the first stage of the expander (a) and on the thrust  $P_n$  for the second stage of the expander with disks (b)

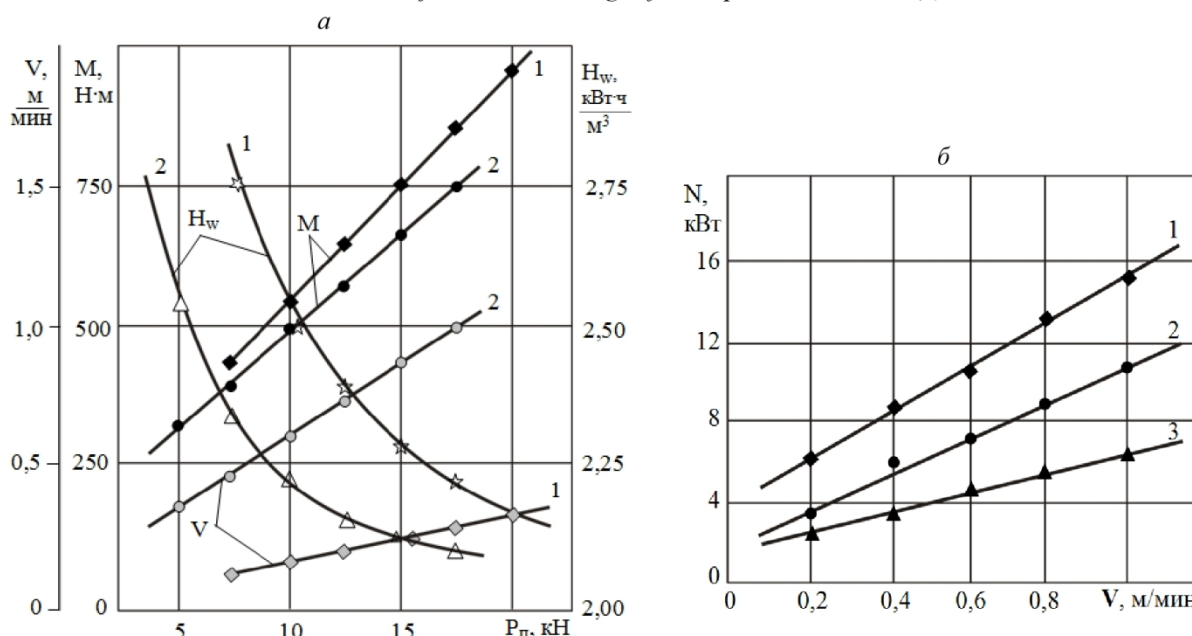


Рис. 4. Зависимости крутящего момента  $M$ , скорости  $V$  бурения, энергоемкости  $H_w$  процесса бурения скважин расширителем первой ступени с резцами (1) и второй ступени с дисками (2) от усилия  $P_n$  подачи (а) и мощности  $N$  разрушения скважин от скорости  $V$  бурения (б)

Fig. 4. Dependences of torque  $M$ , speed  $V$  of drilling, energy intensity  $H_w$  of the process of drilling wells by the first stage expander with cutters (1) and by the second stage one with disks (2) on thrust  $P_n$  (a), and of the power  $N$  of well destruction on the speed  $V$  of drilling (b)

продолжительности срока службы. Работа дискового инструмента в режиме качения по забойному массиву обеспечивает снижение крутящего момента на исполнительном органе, улучшает пусковые характеристики его привода. Это позволяет ожидать положительный экономический эффект на этапах производства и эксплуатации с адаптацией дискового инструмента к разрушению забойных массивов со сложной структурной неоднородностью. Также необходимо учитывать разработку новых

технических решений по узлам крепления дискового инструмента. Здесь в качестве базовых вариантов узлов крепления дисковых инструментов можно отметить двухпорные с внутренней схемой размещения дисков между кронштейнами и консольные с внешней схемой размещения дисков перед многогранными призмами [14].

В КузГТУ на кафедре горных машин и комплексов спроектирована, исследована на полноразмерном стенде и испытана в шахтных условиях



Таблица 1  
Table 1

Зависимости (рис. 4,а)	Коэффициенты достоверности аппроксимации $R^2$
$V_1 = 0,0161 \cdot P_{\text{п}} + 0,0134$	0,9879
$V_2 = 0,0506 \cdot P_{\text{п}} + 0,1021$	0,9974
$M_1 = 41,451 \cdot P_{\text{п}} + 123,88$	0,9998
$M_2 = 34,651 \cdot P_{\text{п}} + 141,84$	0,9986
$H_{w1} = 0,0042 \cdot P_{\text{п}}^2 - 0,1632 \cdot P_{\text{п}} + 3,7756$	0,996
$H_{w2} = 0,0038 \cdot P_{\text{п}}^2 - 0,12 \cdot P_{\text{п}} + 3,042$	0,9813
Зависимости (рис. 4,б)	Коэффициенты достоверности аппроксимации $R^2$
$N_1 = 11,35 \cdot V + 3,89$	0,9986
$N_2 = 8,85 \cdot V + 1,97$	0,9931
$N_3 = 5 \cdot V + 1,48$	0,9997

экспериментальная конструкция расширителя скважин, включающая двухступенчатую резцовую и дисковую компоновку. Конструктивное исполнение расширителя представлено на рис. 1 [15]. Он включает забурник 1 диаметром 130 мм, первую ступень 2 диаметром 390 мм, оснащенную резцами, вторую ступень 3 диаметром 500 мм с дисковым инструментом. Расширитель для облегчения проведения его монтажа, демонтажа выполнен в виде разборной конструкции из облегченных отдельных узлов. Сборка расширителя производится за счет трапециевидной резьбы (забурник-резцовый расширитель), а также конической резьбы (резцовая ступень-дисковая ступень). Для повышения эффективности удаления продуктов разрушения из зоны работы резцовой ступени расширителя забурник 1 оснащен двухзаходным шнеком 4, который при вращении расширителя транспортирует продукты разрушения из пилот-скважины. Для удаления продуктов разрушения из зоны работы дисковой ступени расширитель оснащен двухзаходными лопастными спиралями 5. В процессе работы расширителя забой скважины имеет комбинированную форму: щелевая при работе резцовой ступени и ступенчатая при работе дисковой ступени. Первая ступень 2 расширителя выполнена двухлучевой и оснащена двумя роликовыми скальвателями 6. Вторая ступень 3 имеет на вооружении два дисковых инструмента.

Так как первая и вторая ступени расширителя выполнены двухлучевыми, то для большей устойчивости данной конструкции в призабойной зоне скважины целесообразно развернуть на  $90^\circ$  эти ступени друг относительно друга. Расчеты показывают, что площади забоя скважины, разрушаемого забурником резцами первой ступени и дисковым инструментом второй ступени, составляют соответственно 55,7 %, 39,3 % и 5 %.

Применение в конструкции расширителя комбинированной ступенчато-щелевой формы забоя скважины, как показали результаты исследований,

позволяют уменьшить выход мелких фракций  $\omega_{0-1}$  и  $\omega_{1-6}$  и пылеобразования в забойной зоне скважины.

При решении этой технической задачи разработчики руководствовались результатами исследований, ранее проведенных на кафедре. Установлено, что на сортовой состав добываемого угля влияют две группы факторов: неизменяемые и изменяемые человеком. К первой группе относятся следующие: физико-механические свойства угля, горное давление, интенсивность разрушения угля, способ управления кровлей. Опыт эксплуатации бурильных машин показывает, что чем больше его сопротивляемость резанию ( $A_p$ , Н/мм), тем выше степень измельчения угля. Угольный массив представляет собой трещиноватую среду. При его взаимодействии с разрушающим инструментом (резцом, диском) при раскрытии трещин выделяются частицы угля размером менее 1 мм ( $\omega_{0-1}$ ), которые обычно находятся внутри трещины и составляют до 2% от общего объема разрушенного угля. Ко второй группе факторов относятся конструктивные и режимные параметры бурового исполнительного органа, геометрические параметры разрушающего инструмента, схемы установки (набора) инструмента на исполнительном органе, формы поверхности забоя скважины, размеры отдельных фракций (0–1 мм; 1–6 мм; 6–13 мм; 13–25 мм; 25–50 мм и более 50 мм) разрушаемого материала. Исследование работы расширителя проводилось на двух стендах с замерами крутящего момента  $M$ , скорости бурения  $V$ , скорости вращения  $n$ , потребляемой мощности  $N$  и с определением энергоемкости  $H_w$ , фракционного состава продуктов разрушения  $\omega$  в три этапа. На первом стенде устанавливался блок угля размерами 1400×700×750 мм и сопротивляемостью резанию  $A_p = 215$  Н/мм. На втором стенде закреплялся углецементный блок размерами 2000×1200×1200 мм с сопротивляемостью резанию  $A_p = 257$  Н/мм.

Программа экспериментов была осуществлена на двух полноразмерных стендах и включала следующие этапы:

- исследование работы одиночных резцов при прорезании щелей в угольном блоке;
- исследование бурения скважин в углецементном блоке резцовым расширителем первой ступени с забурником до диаметра 390 мм;
- исследование расширения скважины с диаметром 390 мм до 500 мм в углецементном блоке второй ступенью с дисковым инструментом;
- исследование процесса бурения скважин диаметром 500 мм в углецементном блоке экспериментальным двухступенчатым расширителем.

Исследования режущего инструмента при прорезании щелей в угольном блоке проводились на первом стенде и показали следующие результаты:

1. Применение щелевой схемы целесообразно при соблюдении неравенства

$$\{(H_{wщ} \cdot V_{щ} + H_{wц} \cdot V_{ц}) / (V_{щ} + V_{ц})\} < H_{wc}, \quad (1)$$

где  $H_{wщ}$  и  $H_{wц}$  – удельные затраты энергии на прорезание щелей и скалывание целиков, кВт·ч/м<sup>3</sup>;  $V_{щ}$  и  $V_{ц}$  – объемы угля, разрушаемые резцами и скальвателями, м<sup>3</sup>;  $H_{wc}$  – затраты энергии на разрушение забоя скважины при сплошной схеме, кВт·ч/м<sup>3</sup>;



2. Двухлинейная схема резания щелей лучше трехлинейной, так как обеспечивает меньшие значения усилия подачи  $P_n$ , кН (на 17–18 %) и затрачиваемой мощности  $N$ , кВт (на 6–7 %);

3. Разрушение целиков забоя площадью  $S_1 = 0,04$  м<sup>2</sup> скальвателями с углом конусности 25° и диаметром 100 мм обеспечивает меньшие значения усилия подачи  $P_n$ , кН (в 4,2–5 раз) и затрачиваемой мощности  $N$ , кВт (в 5–6,5 раз) по сравнению с прорезанием щелей резцами на поверхности площадью  $S_2 = 0,066$  м<sup>2</sup>;

4. Рациональное соотношение высоты целика ( $h_n$ ) к его ширине ( $b_n$ ) можно принять  $h_n / b_n = 1,4–1,45$ ;

5. Лучшие результаты показали резцы с односторонней клиновой передней гранью, скошенной на 12°. По сравнению с резцами, имеющими плоскую переднюю грань, они позволяют уменьшить усилия резания  $P_z$ , кН на 15–20 % и энергозатраты  $N_w$ , кВт·ч / м<sup>3</sup> на 6–14 %.

На рис. 2 представлены результаты исследований работы режущего инструмента при щелевой схеме разрушения угольного блока сопротивляемостью резанию  $A_p = 215$  Н/мм.

В работе резцовой и дисковой ступеней расширителя отмечена существенная разница. На резцы действует сила трения скольжения, а на дисковый инструмент силы трения качения, поэтому, как видно из графика, величина крутящего момента  $M$  на дисковой ступени оказалась на 9–11% меньше, чем на резцовой ступени расширителя. Дисковые инструменты перекачиваются по ступени забоя скважины диаметром 500 мм и разрушают его крупным сколом, что позволяет уменьшить удельные энергозатраты  $N_w$  на 10–17 % по сравнению с резцовой ступенью расширителя.

На рис. 4, б и в табл. 1 представлены зависимости  $N = f(V)$  со следующими условными обозначениями: 1 – для двухступенчатого расширителя; 2 – для расширителя первой ступени с резцами; 3 – для расширителя второй ступени с дисками.

Дисковый расширитель второй ступени разрушает кольцевой уступ, площадь которого составляет 39,3 % всей площади забоя скважины. Дисковый инструмент при разрушении забоя скважины установлен под углом  $\varphi_d = 26^\circ$ , то есть тангенциально, что позволяет повысить эффективность процесса бурения скважины. Это наглядно видно на графике, скорость бурения  $V$  дисковой ступени в 3,3–3,8 раза выше, чем скорость бурения резцовой.

За время испытаний на ООО «Шахта имени Ворошилова» экспериментальным расширителем пробурено 290 м скважин при сопротивляемости угля резанию  $A_p = 225$  Н/мм.

Предварительно производились замеры параметров при холостом вращении бурового става длиной 3,25 м, 7,15 м, 9,75 м и 14,3 м, что соответствовало комплектам штанг из 5, 11, 15 и 22 штук (при длине одной штанги 0,65 м). Мощность  $N_x$ , затрачиваемая на холостое вращение отмеченных комплектов штанг бурового става, составила соответственно 2,26 кВт, 2,78 кВт, 3,7 кВт и 5,5 кВт.

Сравнение затрат мощности при бурении пилот-скважины диаметром 390 мм резцовым расширителем и расширение скважины до 500 мм дисковым расширителем показало, что потребляемая мощность  $N$  разрушения второй дисковой ступенью в 1,42–1,68 раза меньше, чем у первой резцовой.

Рекомендовано для совершенствования конструкции двухступенчатого расширителя увеличить площадь уступного забоя с шириной уступа  $B_y = 65$  мм, обрабатываемого расширителем второй ступени с дисками до 45 % от общей площади поверхности забоя скважины. При этом диаметр скважины, обрабатываемый расширителем первой ступени с резцами, целесообразно принять равным  $D = 370$  мм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов, Б.Б. Способ и буровой инструмент для изменения траектории скважины при шнековом бурении / Б.Б. Данилов, Б.Н. Смоляницкий // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2017. – №1. – С. 66–73.
2. Бовин, К.А. Обоснование рациональных режимных параметров бурения горных пород долотами режуще-вращательного действия / К.А. Бовин, А.В. Гилев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2017. – № 6. – С. 101–108.
3. Басалай, Г.А. Повышение эффективности работы планетарно-дискового исполнительного органа проходческо-очистного комбайна / Г.А. Басалай // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2016. – № 2. – С. 65–71.
4. Басалай, Г.А. Исследование фракционного состава руды от проходческо-очистного комбайна «УРАЛ-10А» / Г.А. Басалай // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник статей XIII международной научно-технической конференции. Сер. «Чтения памяти В.Р. Кубачека». – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2015. – С. 29–32.
5. Расширитель скважин обратного хода : пат. 160664 РФ на полезную модель: МПК Е 21 В 7/28, Е 21 D 3/00 (2006.01). / Цехин А.М., Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2015135343/03; заявл. 20.08.2015; опубл. 27.03.2016, Бюл. № 9. – 2 с.
6. Krestovozdvizhensky P.D., Klishin V.I., Nikitenko S.M., Gerike P.B. Selecting shape of reinforcement insertions for tangential swivel cutters of mining machines. Journal of Mining Science. 2015. T. 51. No 2. pp. 323–329.
7. Прокопенко, С.А. Перспективные конструкции резцов для повышения сортности добываемого шахтами угля / С.А. Прокопенко // Уголь. – 2017. – № 4. – С. 29–31.
8. Прокопенко, С.А. Разработка комбайновых резцов нового класса / С.А. Прокопенко, В.С. Лудзиш, И.А. Курзина // Горный журнал. – 2017. – № 2. – С. 75–78.
9. Клишин, В.И. Виды и причины отказов

тангенциальных поворотных резцов / В.И. Клишин, Б.Л. Герике, С.М. Никитенко, П.Д. Крестовоздвиженский // Горный журнал. – 2016. – № 7. – С. 92–95.

10. Нестеров, В.И. Сравнение износа режущего инструмента на законтурных исполнительных органах геологов / В.И. Нестеров, А.Н. Ермаков // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – № 7. – С. 41–45.

11. Клишин, В.И. Оценка эффективности рабочих органов горных машин, оснащенных дисковым инструментом / В.И. Клишин, Б.Л. Герике, П.Б. Герике // Горный журнал. – 2015. – № 12. – С. 62–68.

12. Клишин, В.И. Инструмент и рабочие органы для выемки прочных полезных ископаемых / В.И. Клишин, Б.Л. Герике, П.Б. Герике // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2016. – № 3. – С. 526–530.

13. Gerike B.L., Klishin V.I., Gerike P.B. A new

index of rock-breaking tool efficiency. Journal of Mining Science. 2016. T. 52. No. 3. pp. 481–486.

14. Mamet'ev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu. Stress distribution in attachments of disc cutters in heading drivage. Journal of Mining Science. 2015. T. 51. No 6. pp. 1150–1156.

15. Маметьев, Л.Е. Параметры разрушения скважин в угленосных пластах комбинированными расширителями прямого хода / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.М. Цехин, Г.Д. Буялич, А.Ю. Борисов // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XVI международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады 12–13 апреля 2018 г. / Оргкомитет: Ю.А. Лагунова, А.Е. Калянов. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2018. – С. 77–80.

**Leonid E. Mametyev**, Dr. Sc. (Engineering), Professor, **Aleksey A. Khoreshok**, Dr. Sc. (Engineering), Professor, **Alexander M. Tsekhin**, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, **Andrey Yu. Borisov**, C. Sc. (Engineering), Associate Professor

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesenniyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

## THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF TWO-STAGE CUTTERS-DISK EXTENDER WELLS

**Abstract:** Relevant in the present time are researches to improve the process of drilling degassing wells in over gas-bearing seams, questions decision of removal of destruction products from the bottom-hole zone of the well and transportation of these products by auger drilling rig inside the well. The release of methane from the coal seam increases the probability of emergency gassing of mine workings and requires reduction in dust formation in the well by reducing the specific weight of fine fractions of destruction products.

Geometrical parameters of a design of the combined reamer wells including cut and disk stages are proved. Energy and force parameters at various modes of process well-drilling are defined. Researches of the experimental reamer at the full-size stand and in mine conditions have shown that use of the slot-hole scheme of destruction of the well bottom by the cutters of the first stage and also the disk tool of the second stage with an bench form of a face allow to reduce significantly an exit of small classes of destruction products (0–1 mm; 1–6 mm) in comparison with the existing reamers with the continuous scheme of destruction.

Regularities of change of efforts cutting of cracks  $P_z$ , energy consumption  $H_w$ , torque  $M$ , speed of drilling  $V$ , power input  $N$  at various drilling modes and design versions of the reamer are established.

In the process of the bench researches geometrical parameters of the disk tool and rational installation scheme relative to the step surface of the well bottom are determined. The dependence of fractional structure of destruction products for the second disk stage of the reamer from effort of feed  $P_n$  is established. Dependences  $M = f(P_n)$  and  $V = f(P_n)$  are approximated by linear expressions.

The purpose of work is justification of geometrical and regime parameters of the first and second stages of the reamer which will allow to reduce an exit of small fractions of destruction products and increase well-drilling speed in comparison with earlier applied designs.

**Keywords:** destructible massif, drilling, reamer, well, energy and force parameters, fractional structure, products of destruction.

**Article info:** received December 01, 2018

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-47-53

## REFERENCES

1. Danilov, B.B. Sposob i burovoj instrument dlja izmenenija traektorii skvazhiny pri shnekovom burenii / B.B. Danilov, B.N. Smoljanickij // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshhenija. – 2017. – №1. – pp. 66–73.
2. Bovin, K.A. Obosnovanie ratsional'nykh rezhimnykh parametrov bureniya gornyx porod dolotami rezhushche-vrashchatel'nogo deystviya / K.A. Bovin, A.V. Gilev // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal. – 2017. – № 6. – pp. 101–108.
3. Basalay, G.A. Povyshenie effektivnosti raboty planetarno-diskovogo is-polnitel'nogo organa prokhodchesko-ochistnogo kombayna / G.A. Basalay // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. – 2016. – № 2. – pp. 65–71.
4. Basalay, G.A. Issledovanie fraktsionnogo sostava rudy ot prokhodchesko-ochistnogo kombayna “URAL-10A” / G.A. Basalay // Tekhnologicheskoe oborudovanie dlya gornoy i neftegazovoy promyshlennosti: sbornik statey XIII mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Ser. «Chteniya pamyati V.R. Kubacheka». – Ekaterinburg: Ural'skiy gosudarstvennyy gornyy universitet, 2015. – pp. 29–32.
5. Rasshiritel' skvazhin obratnogo khoda [The extender wells reverse]: patent 160664 RU, ICL E 21 B 7/28, E 21 D 3/00 (2006.01). / Tsekhin A.M., Mametyev L.E., Khoreshok A.A., Borisov A.Yu. : the patentee T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. – № 2015135343/03; priority filing date. 20.08.2015; publ. date 27.03.2016, Bul. № 9. – 2 p.
6. Krestovozdvizhensky P.D., Klishin V.I., Nikitenko S.M., Gerike P.B. Selecting shape of reinforcement insertions for tangential swivel cutters of mining machines. Journal of Mining Science. 2015. T. 51. No 2. pp. 323–329.
7. Prokopenko, S.A. Perspektivnye konstruksii reztsov dlya povysheniya sortnosti dobyvaemogo shakhtami uglya / S.A. Prokopenko // Ugol'. – 2017. – № 4. – pp. 29–31.

8. Prokopenko, S.A. Razrabotka kombaynovykh reztsov novogo klassa / S.A. Pro-kopenko, V.S. Ludzish, I.A. Kurzina // Gornyy zhurnal. – 2017. – № 2. – pp. 75–78.
9. Klishin, V.I. Vidy i prichiny otkazov tangencial'nykh povorotnykh rezcov / V.I. Klishin, B.L. Gerike, S.M. Nikitenko, P.D. Krestovozdvizhenskij // Gornyy zhurnal. – 2016. – № 7. – pp. 92–95.
10. Nesterov, V.I. Sravnenie iznosa rezhushchego instrumenta na zakonturnykh is-polnitel'nykh organakh geokhodov / V.I. Nesterov, A.N. Ermakov // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2015. – № 7. – pp. 41–45.
11. Klishin, V.I. Otsenka effektivnosti rabochikh organov gornyx mashin, osnashchennykh diskovym instrumentom / V.I. Klishin, B.L. Gerike, P.B. Gerike // Gornyy zhurnal. – 2015. – № 12. – pp. 62–68.
12. Klishin, V.I. Instrument i rabochie organy dlya vyemki prochnykh poleznykh is-kopaemykh / V.I. Klishin, B.L. Gerike, P.B. Gerike // Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov. – 2016. – № 3. – pp. 526–530.
13. Gerike B.L., Klishin V.I., Gerike P.B. A new index of rock-breaking tool efficiency. Journal of Mining Science. 2016. T. 52. No. 3. pp. 481–486.
14. Mamet'ev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu. Stress distribution in attachments of disc cutters in heading drivage. Journal of Mining Science. 2015. T. 51. No 6. pp. 1150–1156.
15. Mamet'ev, L.E. Parametry razrusheniya skvazhin v uglenosnykh plastakh kombinirovannymi rasshiritelyami pryamogo khoda / L.E. Mamet'ev, A.A. Khoreshok, A.M. Tsekhin, G.D. Buyalich, A.Yu. Borisov // Tekhnologicheskoe oborudovanie dlya gornoy i neftegazovoy promyshlennosti: sbornik trudov XVI mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Chteniya pamyati V.R. Kubacheka», provedennoy v ramkakh Ural'skoy gorno-promyshlennoy dekady 12–13 aprelya 2018 g. / Orgkomitet: Yu.A. Lagunova, A.E. Kalyanov. – Ekaterinburg: Ural'skiy gosudarstvennyy gornyy universitet, 2018. – pp. 77–80.

## Библиографическое описание статьи

Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Цехин А.М., Борисов А.Ю. Результаты экспериментальных исследований двухступенчатого резцово-дискового расширителя скважин // Горное оборудование и электромеханика — 2018. — № 6 (140). — С. 47–53.

## Reference to article

Mametyev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu. The results of experimental studies of two-stage cutters-disk extender wells. Mining Equipment and Electromechanics, 2018, no. 6 (140), pp. 47–53.